

**СЕНСИБИЛИЗАЦИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ТЬ³⁺ ИОНАМИ СЬ³⁺ В СТЕКЛЕ
СИСТЕМЫ (Y_{1-x-y}Tb_xSb_y)₂O₃-Al₂O₃-B₂O₃**

¹ *Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,
пр. Независимости, 68-2, 220072 Минск, Беларусь
g.malashkevich@ifanbel.bas-net.by*

² *Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Миусская пл., 9, 125047 Москва, Россия*

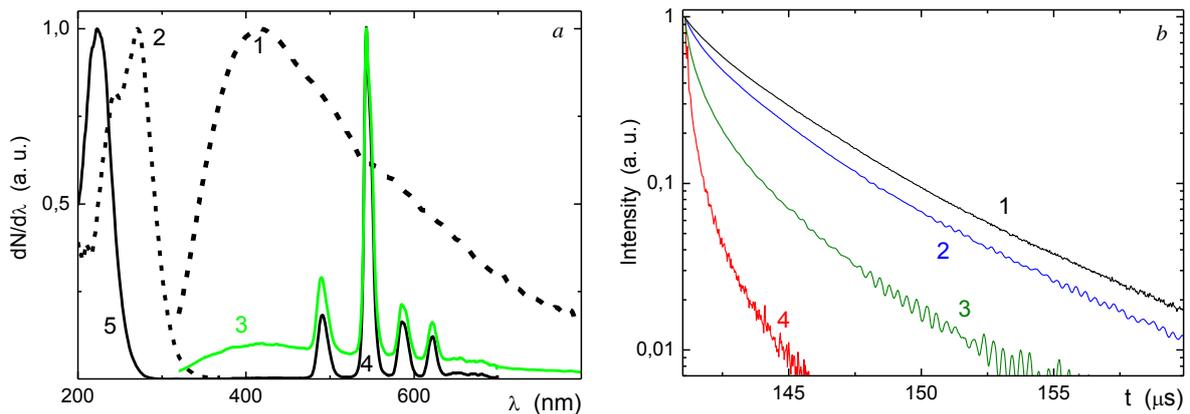
³ *Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П. Бровки, 6, 220013 Минск, Беларусь*

Ионы ТЬ³⁺ обладают не подверженной кроссрелаксационному тушению внутриконтинуальной люминесценцией из состояния ⁵D₄ ($\lambda_{\max} \approx 545$ нм) и интенсивным поглощением в межконтинуальной полосе $4f^8 \rightarrow 4f^75d^1$, лежащей при $\lambda \sim 220$ нм, что, в принципе, позволяет использовать активированные ими прозрачные среды для визуализации УФ-излучения солнечно-слепого диапазона. Вместе с тем, для ряда задач, связанных с медицинскими и биологическими исследованиями, криминалистикой и обороной требуется визуализация УФ-излучения более широкого спектрального состава. В настоящей работе нами предпринята попытка добиться этой цели путём сенсibilизации люминесценции данного активатора ионами СЬ³⁺, которые характеризуются разрешёнными правилами отбора абсорбционной полосой ¹S₀ → ¹P₁, расположенной в более длинноволновой УФ-области, и широкой полосой люминесценции ³P₁ → ¹S₀ в видимой области спектра [1].

Для исследования были выбраны иттрий-алюмооборатные стёкла, близкие по составу к хантитоподобному кристаллу YAl₃(BO₃)₄, в которых иттрий замещался тербием, а сурьма вводилась сверх 100%. Ранее нами сообщалось [2], что ионы СЬ³⁺ в таких стёклах формируют по крайней мере два типа оптических центров и проявляют слабую зависимость длительности затухания их люминесценции от концентрации при значительном падении интегральной интенсивности люминесценции.

На рис. 1а изображены спектры люминесценции и её возбуждения СЬ-содержащего стекла (кривые 1 и 2), спектры люминесценции соактивированных стекол с различной концентрацией ТЬ₂O₃ (кривые 3 и 4) и спектр возбуждения люминесценции ТЬ-содержащего стекла (кривая 5). Видно, что спектры возбуждения люминесценции ТЬ- и СЬ-содержащих стекол характеризуются широкими слабоструктурными полосами с максимумами при $\lambda \approx 220$ и 270 нм. Спектр люминесценции СЬ-содержащего стекла представлен полосой с максимумом при $\lambda \approx 420$ нм, перекрывающей всю видимую область. В спектре люминесценции соактивированного стекла с концентрацией 1 мол. % ТЬ₂O₃, возбуждаемого в полосе поглощения ионов СЬ³⁺, данная полоса заметно ослабляется и появляются структурные полосы, соответствующие переходам ⁵D₄ → ⁷F_j ионов ТЬ³⁺ (кривая 3). При повышении концентрации ТЬ₂O₃ до 10 мол. % и идентичном возбуждении наблюдается практически лишь люминесценция ионов ТЬ³⁺ (кривая 4).

На рис. 1*b* изображена кинетика затухания люминесценции Sb-содержащего и соактивированных стекол при возбуждении 4-ой гармоникой моноимпульсного неодимового лазера и регистрации в области люминесценции ионов Sb^{3+} за пределами полос люминесценции Tb^{3+} . Видно, что во всех случаях закон затухания люминесценции описывается неэкспоненциальной функцией. Средняя длительность этого процесса для Sb-содержащего стекла (кривая 1) составляет 3,4 мкс и уменьшается при переходе к соактивированным стеклам с 1, 6 и 10 мол. % Tb_2O_3 (кривые 2–4) соответственно в 1,3, 4,4 и 10,5 раз.



λ_{exc} , нм: 285 (a) и 266 (b). λ_{rec} , нм: 420 (2a), 440 (1b–4b) и 543 (5a). $\Delta\lambda_{\text{exc}}=2\Delta\lambda_{\text{rec}}=2$ нм.

Рис. 1. Спектры люминесценции и её возбуждения (a), а также кинетика затухания люминесценции (b) стекол состава (мол. %): $10Y_2O_3-30Al_2O_3-60B_2O_3+1Sb_2O_3$ (1a, 2a, 1b); $9Y_2O_3-1Tb_2O_3-30Al_2O_3-60B_2O_3+1Sb_2O_3$ (3a, 2b); $4Y_2O_3-6Tb_2O_3-30Al_2O_3-60B_2O_3+1Sb_2O_3$ (3b); $10Tb_2O_3-30Al_2O_3-60B_2O_3+1Sb_2O_3$ (4a, 4b); $9Y_2O_3-1Tb_2O_3-30Al_2O_3-60B_2O_3$ (5a).

Благодаря высокому сечению поглощения ионов Sb^{3+} ($\approx 20 \cdot 10^{-20}$ см² в области максимума кривой 2a) использование такого соактиватора позволяет добиться подавляющего поглощения УФ-излучения с $\lambda \leq 275$ нм в слое толщиной ≈ 100 мкм.

Таким образом, ионы Sb^{3+} являются достаточно эффективным сенсбилизатором люминесценции ионов Tb^{3+} в оксидных матрицах, обладают высоким сечением поглощения в переходе $^1S_0 \rightarrow ^1P_1$ и могут использоваться для расширения спектрального диапазона визуализируемого УФ-излучения и получения изображения его источника.

Работа поддержана грантами БРФФИ (грант №Ф16Р-025) и РФФИ (грант №16-53-00157).

[1] Chen L. The site-selective excitation and the dynamical electron-lattice interaction on the luminescence of $YBO_3:Sb^{3+}$ / L. Chen, An-Qi Luo, Y. Zhang [et al.] // J. Solid State Chem. – 2013. – V. 201. – P. 229.

[2] Малашкевич Г. Е. Спектрально-люминесцентные свойства Sb-содержащих хантитоподобных стекол / Г. Е. Малашкевич, В. В. Ковгар, Т. Г. Хотченкова [и др.] // V конгресс физиков Беларуси, Минск, 27–30 октября 2015 г.: сб. научных трудов / Минск: Ковчег, 2015. – С. 37–38.